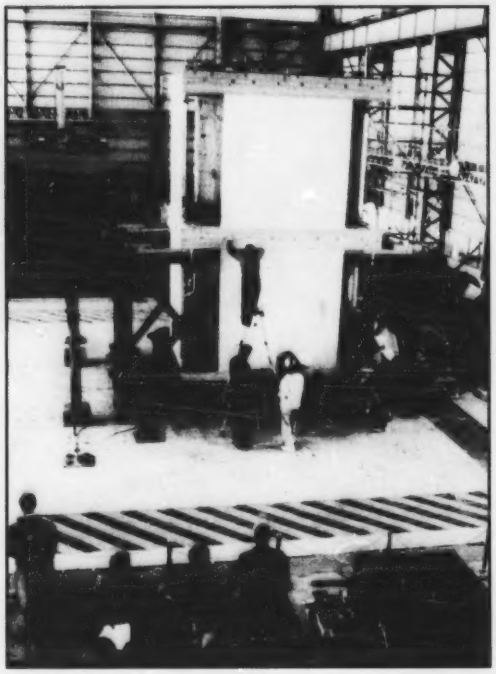
A Wood-Frame Building Performance Fact Sheet



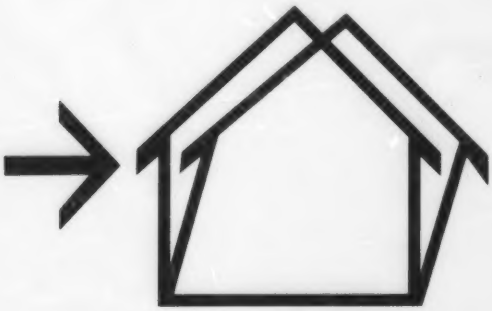
Canadian and Japanese engineers performing a shake table test of a two-storey shear wall at Japan's National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention.

One of the proven features of Canadian wood-frame construction is its excellent life safety performance in earthquakes. Compared to other forms of house construction, a platform-frame wood house is one of the safest places to be in a quake.

In the past fifty years, our understanding of the risks posed by earthquakes and our ability to survive them have improved. But at the same time, soaring populations and growing urban densities have increased humanity's earthquake risk.

An earthquake is a sudden release of energy from the motion of geologic plates. Some parts of the world, such as the west coast of North America, are high risk areas. Buildings there must resist strong earthquake forces. These forces depend on the strength of the quake, how far away it originated, what type of geological event caused the earthquake, and the geology immediately adjacent to a given building.

Each structure, with its own unique set of characteristics such as stiffness and strength, reacts differently to earthquake stresses. Earthquakes subject a building to both vertical and horizontal shaking. The horizontal forces, also called lateral or shear forces, are the real challenge for seismic design.



A lateral force is a sideways motion that can make a building rack (as shown), overturn or slip off its foundation.

Forintek Canada Corp.

CMHC SCHL

Canada

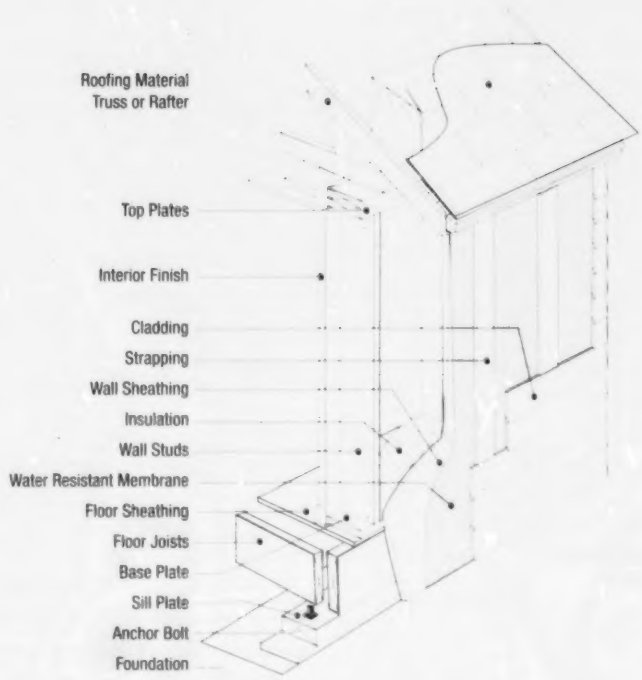
Wood can take the shaking

As a structural material, wood offers some key advantages over other materials in earthquake performance. Wood is strong yet lightweight, hence ground accelerations do not generate as much energy in wood buildings as in other buildings. As an added advantage, wood-frame systems flex more than other materials, absorbing and dissipating energy.

When wood is used for construction in Canada, it is most often used in a light-frame style called platform or western framing. In this type of construction, wood members are thin, of standard size, and closely spaced. Floors are built one at a time, so that each floor becomes the building platform for the new one taking shape above. Three components form most of the framing: *studs* run vertically and form the skeleton of the walls; *joists* run horizontally and form the floors; and *rafters or trusses* underpin the roof. When a wall is braced with diagonal wood members or enclosed with lightweight wooden panels, it now has lateral resistance and becomes a *shear wall* system — light, strong and structurally efficient. All of the pieces work together to hold up the building against gravity, wind and earthquakes.

Light-frame wood construction was invented in North America in the early 1800s. Its track record, both in building performance and the expertise of the trades in assembling it, has been well-established over that time. Many wood buildings across Canada, built at the turn of the 20th century, are standing proof of the reliability of this system.

Canadian wood-frame housing has also proven to perform equally well in other parts of the world. One of the most damaging modern quakes occurred in 1995 in Kobe, Japan. At 6.8 on the Richter scale, a death toll of 6000, and over US$100 billion in loses, this was a torture-test for all buildings, subjecting them to severe lateral and vertical stresses. Older homes built in the traditional Japanese post-and-beam style which had minimal lateral resistance were shattered by this quake. Newer homes built to Canadian seismic standards were virtually unaffected.



Typical Canadian wood-frame design uses small dimension lumber closely spaced, and includes shear walls, which contain components that resist lateral forces. This is most typically accomplished by attaching a wood panel product such as plywood or oriented strandboard as sheathing over the framing studs, using a code-prescribed nailing pattern. Anchor bolts hold the house firmly on its foundation. Hold-downs (not shown) are metal connectors that tie studs to the foundation. These are often used at the ends of shear wall segments, to resist the overturning forces that result from an earthquake or wind.

102-05070/

Three undamaged modern Canadian-style wood-frame buildings in background, collapsed older building in foreground, after Japan's 1995 Kobe earthquake.

Photo credit: Hans Rainer

Decades of field testing

Photo credit: Hans Rainer

Failure at a weak first storey, from the 1971 San Fernando (California) earthquake.

Forintek, Canada's national institute for wood products research, recently developed reliable statistics on roughly half a million wood buildings involved in major earthquakes around the world over the last 40 years. The study revealed that North American-style wood-frame structures do well in earthquakes, regardless of their age. In the seven quakes studied, only 34 people in total died due to failure of platform-frame buildings. By contrast, the1999 earthquake in Turkey killed 40,000 by devastating areas in which masonry and concrete were widely used. This is not to say that masonry and concrete are unsuitable for seismic zones, however, these building systems require particularly careful adherence to design and construction standards for good seismic resistance. Experience has shown that wood systems are more forgiving.

Forintek's survey showed that collapse of North American-style wood buildings in earthquakes is very rare. The few collapses observed generally resulted from weak first storeys in multistorey buildings. Many modern houses have large openings in their first floor exterior walls (for big windows, patio doors, and garage doors) which can weaken these walls, no matter what kind of construction. Using good engineering judgement in design and construction, and carefully following the latest building codes and standards, will eliminate a weak first storey problem.

Designing for safety

Here are a few key features that should be included in good seismic design, whether new construction or a retrofit to bring an existing structure up to current standards.

- Special attention to potential weak first storeys
- A strong foundation on stable ground
- Walls well tied to the foundation
- Lateral resistance in key walls, including cripple walls. (These are short walls between the ground and the first floor, forming a crawl space or part of the basement walls).
- Proper nailing of other wood components to the studs

No building can be completely earthquake-proof, but good seismic design will minimize structural damage, and, most importantly, safeguard the lives of the occupants during a major seismic event. Seismic resistance is best achieved by following modern building codes and standards and, in large or complex buildings, using the services of a professional structural engineer.

Forintek is Canada's wood products research institute. A not-for-profit independent laboratory, Forintek has a history, dating back to 1913, of providing leading-edge technical support to the Canadian solid wood products industry. Forintek's scientists are among North America's leading experts on wood-frame seismic performance and technologies.

Canada

Canada Mortgage and Housing Corporation is the Federal government's housing agency. For over 50 years, CMHC has been helping provide Canadians with housing quality, affordability and choice. CMHC is also the Canadian housing industry's export partner, bringing Canadian expertise to foreign markets. In addition, CMHC is Canada's largest publisher of housing information.

For more information

- *Wood-frame Building Construction in Earthquakes*, by Hans Rainer and Erol Karacabeyli, provides more detail on the information in this fact sheet. This publication is available for a fee in English, French, Chinese or Japanese, from Forintek Canada Corp. Telephone 604-224-3221, Fax 604-222-5690. http://www.forintek.ca

- For seismic design guidance in new construction projects, see *The Canadian Wood Council Guide on Wood-frame Construction*. Telephone 1-800-463-5091. http://www.cwc.ca

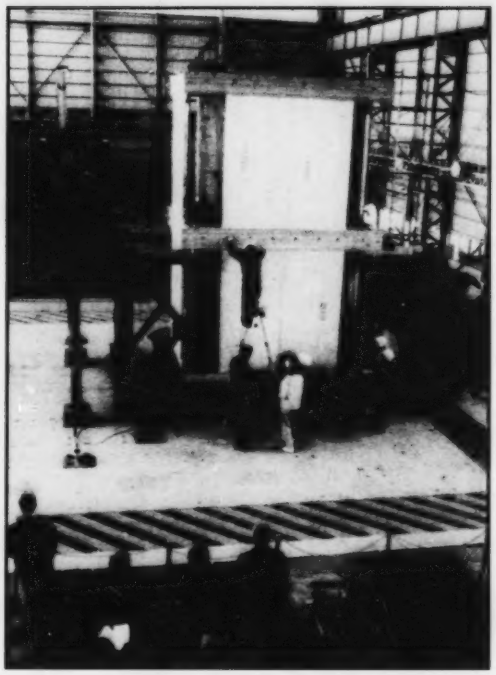
- For help in evaluating the seismic resistance of an existing house or other structure, and on recommended seismic upgrade measures, see *Residential Guide to Earthquake Resistance*, available from Canada Mortgage and Housing Corporation. Telephone 1-800-668-2642 (in Canada), 613-748-2003 outside Canada. http://www.cmhc-schl.gc.ca

© 2000 Forintek Canada Corp. and Canada Mortgage and Housing Corporation.

This document is also available in traditional Chinese, modernized Chinese, Korean and French.
Printing of this document was paid for by Forest Renewal BC.

FOREST
RENEWAL BC

Fiche technique sur la performance de la construction à ossature bois



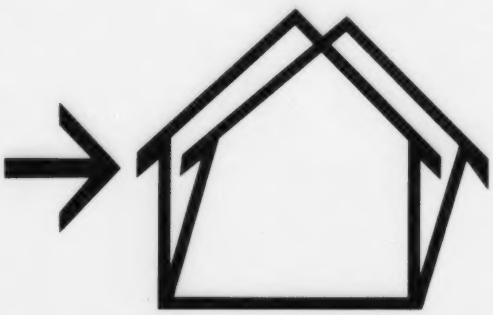
Des ingénieurs canadiens et japonais évaluent un mur de contreventement de deux étages sur table sismique à l'Institut national du Japon pour la recherche sur les sciences de la terre et la prévention de désastres.

Les bâtiments à ossature bois assurent une excellente protection des occupants lors de tremblements de terre. C'est l'un de leurs avantages et il est clairement établi qu'en cas de séisme, une maison à plate-forme de bois est un des endroits les plus sécuritaires.

Depuis une cinquantaine d'années, nous avons beaucoup appris sur les risques que posent les tremblements de terre et nos chances d'y survivre. Toutefois, l'augmentation de la population et de la densité urbaine ont pour effet d'aggraver les risques qu'ils présentent pour l'humanité.

Un tremblement de terre est un déclenchement subit d'énergie causé par le déplacement de plaques géologiques. Les risques sont particulièrement élevés dans certaines régions du monde, comme le littoral occidental de l'Amérique du nord, et les bâtiments situés dans ces régions doivent résister à de puissantes forces sismiques. L'importance de ces forces dépend de la magnitude du séisme, de la distance de l'épicentre (origine de l'onde de choc), du type de phénomène géologique provoqué par le séisme, et de la nature du terrain sous-jacent au bâtiment.

Chaque édifice réagit de façon unique en fonction de ses caractéristiques spécifiques de rigidité et de résistance. Le tremblement de terre soumet simultanément les bâtiments à des secousses horizontales et verticales. Ce sont les forces horizontales, aussi appelées forces latérales ou de cisaillement, qui posent les plus grands défis pour la conception anti-sismique.



Une force latérale provoque un déplacement qui peut amener le bâtiment à se déformer (comme sur le schéma), à se retourner ou à glisser de ses fondations.

Forintek Canada Corp.

SCHL CMHC

Canada

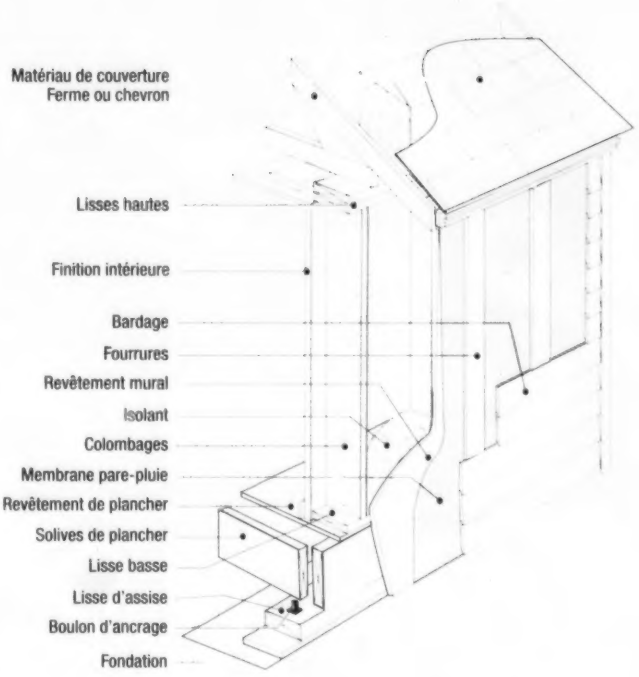
Le bois résiste aux secousses

Le bois est un matériau de construction qui présente certains avantages sur les autres matériaux en ce qui a trait à la résistance aux séismes. Il est résistant mais léger, si bien que les accélérations du sol libèrent beaucoup moins d'énergie dans les charpentes de bois. Autre avantage, les charpentes de bois sont plus flexibles qu'avec les autres matériaux, ce qui leur permet d'absorber et de dissiper l'énergie.

Dans la construction à ossature bois couramment employée au Canada, il s'agit de construction dite « à plate-forme » : les colombages sont de faible section et peu espacés. On construit les planchers un à la fois, de manière à ce que chacun des planchers serve de plate-forme pour la construction de l'étage supérieur. Trois éléments constituent l'essentiel de la charpente : les *colombages*, disposés verticalement, forment l'ossature des murs; les *solives*, horizontales, forment les planchers; les *chevrons* ou les *fermes* soutiennent la toiture. Un mur contreventé à l'aide de pièces de bois posées en diagonale ou revêtu de panneaux de bois légers acquiert une résistance latérale et devient une *mur de contreventement* – léger, résistant et structurellement efficace. Les éléments de la charpente constituent un système qui assure la résistance du bâtiment à la gravité, au vent et aux tremblements de terre.

La construction légère à ossature bois a été inventée en Amérique du nord au début du 19e siècle. C'est une approche qui a largement fait ses preuves, tant pour la performance des bâtisses que pour l'expertise des métiers du bâtiment. Il suffit d'examiner les nombreuses maisons à ossature bois construites au début du 20e siècle dans les diverses régions du Canada, lesquelles attestent encore aujourd'hui de la qualité de ce mode de construction.

Le modèle canadien de bâtiment à ossature bois a aussi donné d'excellents résultats dans d'autres parties du monde. Le tremblement de terre de Kobe au Japon, en 1995, a été l'un des plus dévastateurs de l'époque moderne. D'une magnitude de 6,8 à l'échelle de Richter, il a fait 6000 morts et causé pour 100 millions de dollars US de dégâts. Les forces appliquées à tous les bâtiments ont été énormes, tant horizontalement que verticalement. Les maisons anciennes, construites dans le style « poteau et poutre » traditionnel au Japon, n'avaient qu'une faible résistance latérale et elles ont été dévastées. Par contre, les maisons plus récentes, construites selon les normes sismiques canadiennes, n'ont presque pas été endommagées.



La construction canadienne à ossature bois fait généralement appel à des bois de faible section peu espacés, et elle comporte des murs de contreventement qui résistent aux forces latérales. Le plus souvent, le contreventement est assuré par un panneau de contreplaqué ou un panneau de lamelles orientées(panneau OSB), lequel est fixé sur les colombages selon des règles de clouage précisées dans les normes. Des boulons d'ancrage retiennent fermement la bâtisse sur ses fondations. Des feuillards de retenue (non indiqués sur le schéma) solidarisent les colombages et les fondations; on les emploie souvent aux extrémités des murs de contreventement pour empêcher la maison de se retourner sous l'effet du vent ou dse secousses sismiques.

Source : Hans Rainer

Effets du tremblement de terre de Kobe (Japon) en 1995 : trois maisons à ossature bois de style canadien non endommagées (à l'arrière-plan), et une maison plus ancienne détruite (à l'avant-plan).

Des décennies d'essais sur le terrain

Source : Hans Rainer

Défaillance d'un premier étage trop faible lors du tremblement de terre de San Fernando (Californie) en 1971.

Les chercheurs de Forintek ont récemment dressé des statistiques fiables sur environ un demi-million de bâtiments en bois touchés par d'importants tremblements de terre dans diverses parties du monde au cours des 40 dernières années. Cette étude a révélé que les bâtiments à ossature bois de type nord-américain résistent très bien aux séismes, quel que soit leur âge. Pour les sept séismes étudiés, seulement 34 personnes sont mortes par suite d'une défaillance structurale dans un bâtiment à plate-forme. En contrepartie, le séisme de 1999 qui a frappé en Turquie une région où les bâtiment étaient essentiellement en maçonnerie ou en béton, a fait 40 000 morts. On ne peut en conclure que les blocs ou le béton ne devraient pas être utilisés dans les zones sismiques. Cependant, ce sont des matériaux qui, pour offrir une bonne résistance aux tremblements de terre, exigent un soin particulier en ce qui concerne le respect des normes de calculs et de construction. L'expérience démontre que les systèmes à base de bois pardonnent beaucoup plus.

L'étude de Forintek a établi que les bâtiments en bois de type nord-américain s'écroulent très rarement sous l'effet d'un tremblement de terre. Dans les quelques cas observés, il s'agissait d'immeubles à plusieurs étages dont le premier niveau était trop faible pour résister. Les maisons de construction récente ont fréquemment de grandes ouvertures dans les murs extérieurs du premier niveau (baies vitrées, portes patio, portes de garage, etc.) et ces ouvertures affaiblissent les murs, quel que soit le type de construction. On peut éviter ce problème en faisant preuve de jugement lors de la conception et de la construction du bâtiment, et en suivant soigneusement les plus récents codes et normes.

Le secret de la sécurité

Qu'il s'agisse d'un bâtiment neuf ou de la rénovation d'un bâtiment pour le rendre conforme aux normes actuelles, voici quelques points à retenir dans la conception anti-sismique :

- Porter une attention spéciale à un premier niveau qui pourrait s'avérer trop faible
- Prévoir une fondation solide sur un terrain stable
- Bien lier les murs aux fondations
- Assurer la résistance latérale des murs principaux, y compris les murs nains situés entre le sol et le premier plancher, qui délimitent l'espace sanitaire ou font partie des fondations
- Prévoir un solide clouage des autres éléments de bois aux colombages

Il n'existe pas de bâtiment à l'épreuve de tous les tremblements de terre. Cependant, une bonne conception anti-sismique réduira toujours les dégâts et préservera surtout la vie des occupants lors d'une forte secousse. La meilleure façon d'assurer la résistance aux séismes est de suivre les codes du bâtiment récents et, pour les édifices plus grands ou plus complexes, de faire appel à un ingénieur de structures compétent.

Forintek Canada Corp.

Forintek est l'institut canadien de recherche sur les produits du bois. C'est un laboratoire indépendant à but non lucratif qui, depuis 1913, assure à l'industrie canadienne du bois un soutien technologique de premier plan. Les chercheurs de Forintek sont au nombre des experts nord-américains de premier plan en matière de résistance sismique des bâtiments à ossature bois.

SCHL CMHC

Canada

La Société canadienne d'hypothèques et de logement est l'organisme du gouvernement fédéral responsable du logement. Depuis 50 ans, la SCHL contribue à assurer aux Canadiens un choix de logements de qualité à un prix abordable. La SCHL est aussi le partenaire de l'industrie du bâtiment pour l'exportation, permettant à l'expertise canadienne de s'exercer sur les marchés étrangers. Elle est aussi le principal diffuseur d'information sur le logement au Canada.

Pour de plus amples renseignements

- Le rapport *Résistance des bâtiments à ossature bois aux tremblements de terre*, par Hans Rainer et Erol Karacabeyli, donne des détails supplémentaires sur les questions techniques exposées dans la présente fiche technique. Il est disponible en français, anglais, chinois et japonais, et on peut se le procurer auprès de Forintek Canada Corp. Téléphone : 604-224-3221. Télécopieur : 604-222-5690. Internet : http://www.forintek.ca

- Pour trouver les règles applicables à la résistance sismique dans les projets de construction neuve, consultez le *Manuel de la construction en bois* du Conseil canadien du bois. Téléphone : 1-800-463-5091. Internet : http://www.cwc.ca

- Pour trouver des renseignements sur l'évaluation sismique de maisons ou autres bâtiments existants, ou sur les méthodes d'amélioration recommandées, consultez le *Guide d'amélioration de la résistance des habitations aux séismes*, publié par la Société canadienne d'hypothèques et de logement. Téléphone : 1-800-668-2642 (au Canada), 613-748-2003 (à l'extérieur du Canada). Internet : http://www.cmhc-schl.gc.ca

© 2000 Forintek Canada Corp. et Société canadienne d'hypothèques et de logement

Ce document est aussi disponible en chinois traditionnel, chinois moderne, coréen, et anglais.